

УДК 621.791.75.042

Пресняков В. А.

### РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАВАРКИ

Разработка программных продуктов для компьютеров, позволяющих автоматизировать процесс технологической подготовки производства, является актуальной проблемой. Однако такой подход требует углубленного знания физических явлений, происходящих в процессе нанесения покрытия на деталь, взаимосвязи основных параметров технологического процесса с характеристиками формируемых покрытий и значительного объема математических операций. Поэтому целесообразно создавать комбинированные модели процессов путем сочетания численных методов с аналитическими и приближенными с использованием персональных ЭВМ.

При выборе режима электроконтактной наварки необходимо учитывать взаимосвязь параметров, обуславливающих получение качественного покрытия [1, 2, 3].

Ранее было показано, что одним из основных параметров, определяющих температуру нагрева и степень деформации присадочного материала, является площадь контакта между оболочкой и поверхностью детали [4].

Целью данной работ является разработка методики расчета режимов электроконтактной наплавки порошковых материалов в металлической оболочке (ЭКНПО).

При исследовании предварительной и общей пластической деформации присадочного материала [5] были определены зависимости площадей контактов между присадочным материалом и деталью  $S_K^d$  и между оболочкой и роликом-электродом  $S_K^э$ .

$$S_K^d = 39,95 + 3,463 \cdot X_1 + 10,488 \cdot X_2 + 28,925 \cdot X_3 - 19,4 \cdot X_4 + \\ + 0,45 \cdot X_1 \cdot X_2 - 3,613 \cdot X_2 \cdot X_3 + 2,688 \cdot X_1 \cdot X_4 - 11,975 \cdot X_3 \cdot X_4; \quad (1)$$

$$S_K^э = 40,02 + 3,59 \cdot X_1 - 11,01 \cdot X_2 + 29,1 \cdot X_3 - 19,5 \cdot X_4 + \\ + 0,5 \cdot X_1 \cdot X_2 - 3,7 \cdot X_2 \cdot X_3 + 7,1 \cdot X_2 \cdot X_4 - 11,9 \cdot X_3 \cdot X_4, \quad (2)$$

где:

$$X_1 = \frac{P - 2,3}{1,3}; X_2 = \frac{d - 0,5}{0,3}; X_3 = \frac{d - 5}{3}; X_4 = \frac{P_0 - 40}{30}.$$

Конечная площадь единичного контакта между оболочкой и электродом после ЭКНПО определяется уравнением:

$$S_K = 34,625 + 9,294 \cdot X_1 + 17,288 \cdot X_2 - 4,625 \cdot X_3 - 1,944 \cdot X_4 + 9,488 \cdot X_5 + \\ + 4,944 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,506 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,2 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,256 \cdot X_1 \cdot X_5 + 0,75 \cdot X_2 \cdot X_3 - \\ - 2,563 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0,594 \cdot X_3 \cdot X_4 - 2,088 \cdot X_3 \cdot X_5 - 1,331 \cdot X_4 \cdot X_5. \quad (3)$$

где:

$$X_1 = \frac{I - 14}{6}; X_2 = \frac{t - 1,2}{0,8}; X_3 = \frac{P - 2,3}{1,3}; X_4 = \frac{d - 0,5}{0,3}; X_5 = \frac{\%FeCr - 50}{20}.$$

По данному уравнению построим графики зависимости площади контакта  $S_K^d$  от параметров режима ЭКНПО (рис. 1).

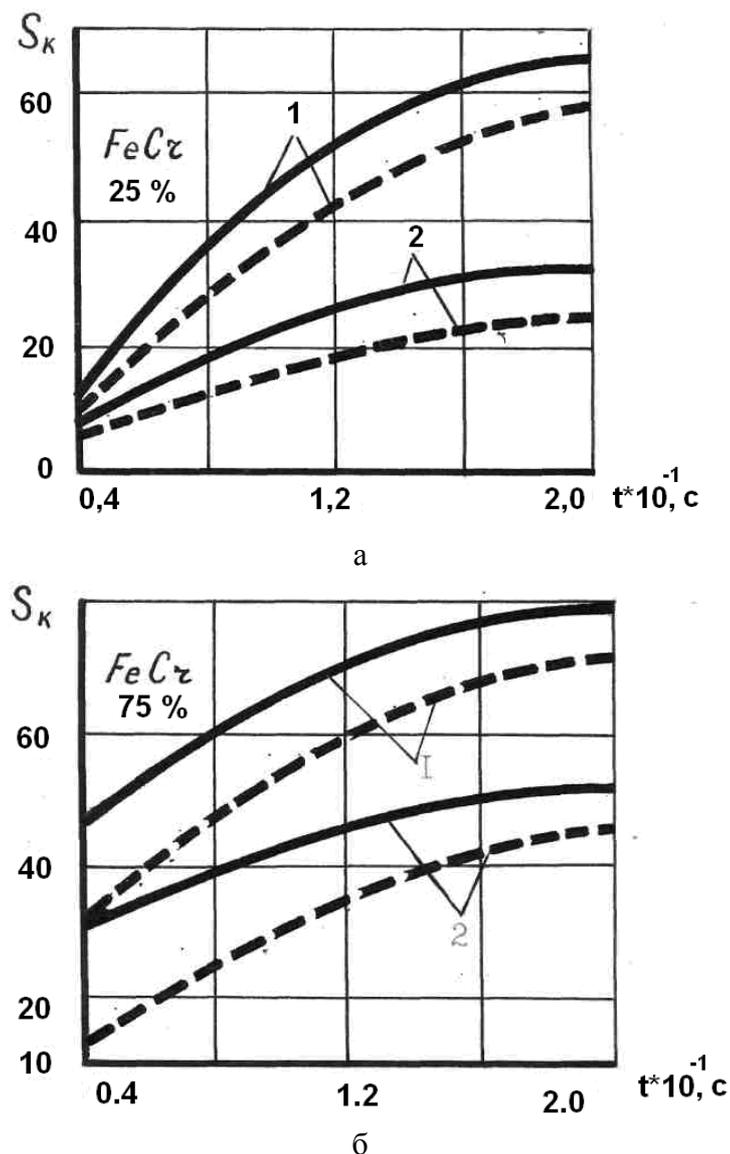


Рис. 1. Зависимость площади контакта от параметров режима ЭКНПО: ток наплавки 1 – 20 кА; 2 – 8 кА; усилие на электроде: — 1,0 кН; - - - 3,6 кН

С увеличением силы и времени протекания электрического тока, а также количества феррохрома в составе порошкового материала площадь контакта увеличивается. С увеличением усилия на электроде в исследуемых пределах  $S_k$  уменьшается. Изменение толщины оболочки оказывает незначительное влияние на площадь контакта.

Однако для определения достоверности полученных аналитических формул нам необходимо знать экспериментальную зависимость площади контакта от изменения высоты присадочного материала, а также зависимость ширины площади контакта от высоты валика. Для этого провели следующий эксперимент.

Предварительно изготавливали присадочный материал. Для этого путем механического смешивания готовили состав из 50 % ПГ-С27 и 50 % ФХ-800. Порошковый материал засыпали в оболочку в виде трубки и осуществляли протяжку до диаметров 3,0, 5,0 и 7,0 мм. Толщина оболочки изменялась от 0,2 до 0,8 мм. Деформацию проволоки осуществляли на шовной сварочной машине МШ-3207. Применяли электрод радиусом 150 мм.

На рис. 2 и 3 представлены полученные зависимости ( $\bullet$  – теоретические и  $\circ$  – экспериментальные).

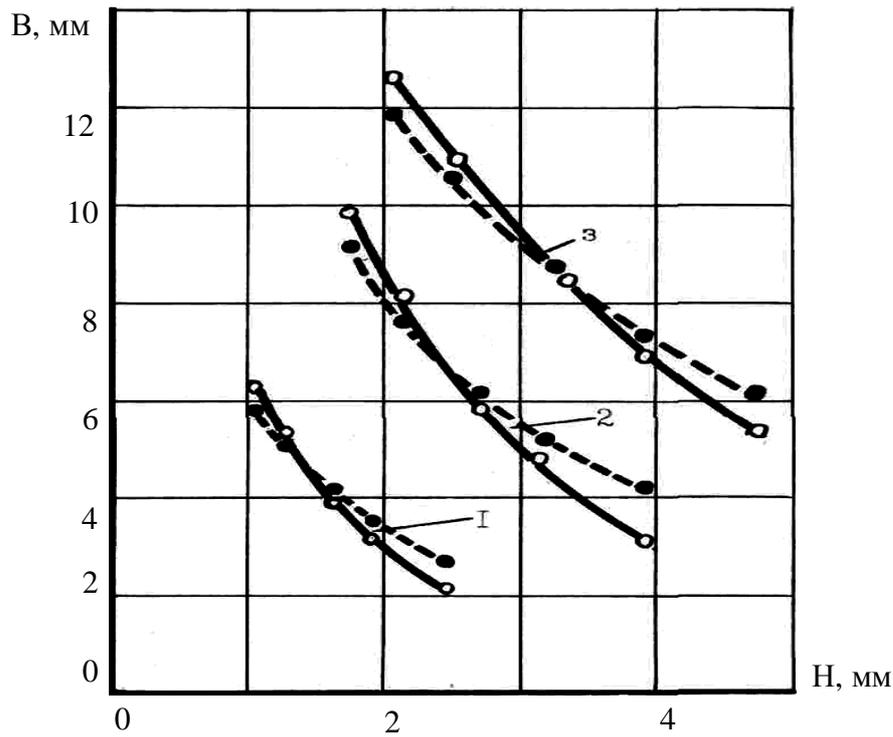


Рис. 2. Зависимость ширины контакта от изменения толщины присадочного материала: диаметр оболочки: 1 – 3,0 мм; 2 – 5,0 мм; 3 – 7,0 мм

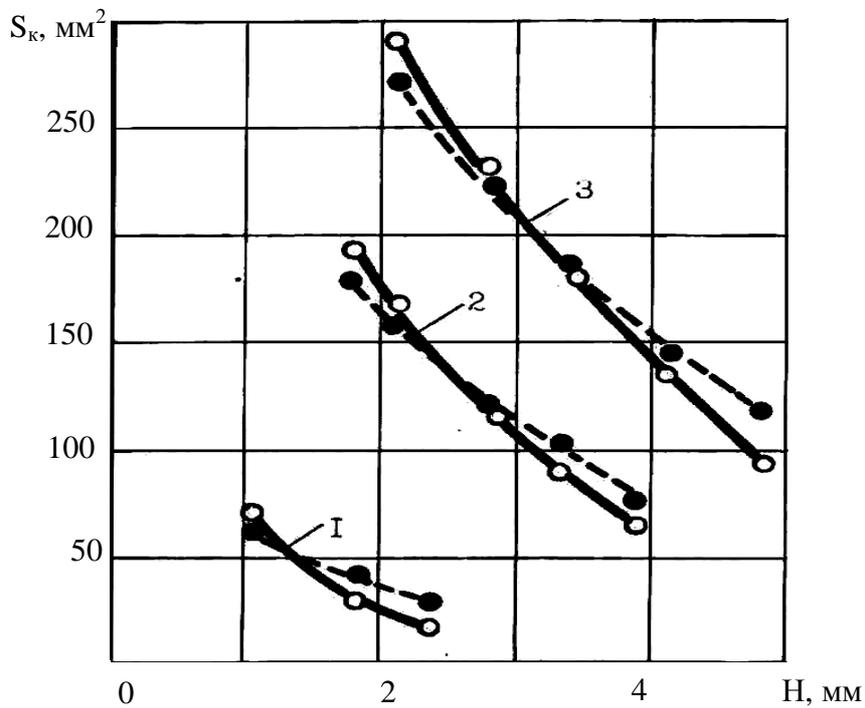


Рис. 3. Зависимость площади контакта от изменения толщины присадочного материала: диаметр оболочки: 1 – 3,0 мм; 2 – 5,0 мм; 3 – 7,0 мм

В результате исследований были получены следующие уравнения для определения геометрических размеров наплавленного валика: ширины  $b$ , высоты  $h$  и площади контакта между электродом и оболочкой  $S_K^{\exists}$  в зависимости от параметров режима ( $I, t, P$ ), толщины оболочки  $d$  и количества феррохрома в порошковом материале.

$$b = 6,506 + 0,338 \cdot X_1 + 0,575 \cdot X_2 - 0,144 \cdot X_3 + 0,088 \cdot X_4 + 0,331 \cdot X_5 + 0,131 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,025 \cdot X_1 \cdot X_5 + 0,05 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,1 \cdot X_2 \cdot X_5; \quad (4)$$

$$h = 3,613 + 0,281 \cdot X_1 - 0,55 \cdot X_2 + 0,144 \cdot X_3 + 0,063 \cdot X_4 - 0,325 \cdot X_5 - 0,094 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,044 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,138 \cdot X_2 \cdot X_5; \quad (5)$$

$$S_K^{\exists} = 34,625 + 9,294 \cdot X_1 + 17,288 \cdot X_2 - 4,625 \cdot X_3 - 1,944 \cdot X_4 + 9,488 \cdot X_5 + 4,944 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,506 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,2 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,256 \cdot X_1 \cdot X_5 + 0,75 \cdot X_2 \cdot X_3 - 2,563 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,594 \cdot X_3 \cdot X_4 - 2,088 \cdot X_3 \cdot X_5 - 1,331 \cdot X_4 \cdot X_5. \quad (6)$$

Было доказано также, что геометрические размеры наплавленного валика при постоянных характеристиках присадочного материала зависят от степени пластической деформации порошкового материала в оболочке. Для порошковой проволоки диаметром 3,5 и 7 мм с сердечником из 50 % ПГ-С27 + 50 % ФХ800 значения  $b$ ,  $S_K^{\exists}$  можно определить по графикам, представленным на рис. 2, 3.

Так как прочность сцепления имеет максимальное значение примерно при 60 % деформации присадочного материала, то пользуясь известными зависимостями можно определить  $b$ ,  $h$  и  $S_K^{\exists}$ . Полученные данные подставляем в уравнения (4)–(6). В этой системе их трех уравнений неизвестными являются три параметра  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , поскольку параметры  $X_4$  и  $X_5$  заданы.

Полученную систему решаем методом наискорейшего спуска. Для этого каждое уравнение системы (4)–(6) представим в виде:

$$j_i(X_1, X_2, X_3) = 0; i = 1, 2, 3, \quad (7)$$

и построим вспомогательную функцию:

$$\Phi(X_1, X_2, X_3) = \sum_{i=1}^3 j_i^2(X_1, X_2, X_3). \quad (8)$$

Каждый нулевой минимум функции (8) дает решение системы (7) и отыскание решений этой системы сводится к отысканию нулевых минимумов вспомогательной функции  $\Phi(X_1, X_2, X_3)$ . Минимум функции (8) находим методом наискорейшего спуска.

После определения параметров  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , обеспечивающих минимум функции  $\Phi(X_1, X_2, X_3)$  и соответственно дающих решение систем (7) и (4)–(6) по формулам перехода от кодовых переменных  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  к натуральным величинам вычисляем ток  $I$ , длительность импульса  $t_{им}$ , давление на электроде  $P$ .

С целью выявления качественных зависимостей при изменении количества компонента с высоким электросопротивлением производилась ЭКНПО порошка ПГ-С27 с различным количеством феррохрома ФХ800, заключенных в металлическую оболочку из стали 08кп толщиной 0,5 мм. На рис.4 показана область оптимальных режимов исследуемого присадочного материала. Сверху область ограничивается выплеском расплавленного порошкового материала из оболочки, снизу отсутствием сцепления между оболочкой и поверхностью восстанавливаемой детали.

Анализ приведенных зависимостей показывает, что при увеличении количества ФХ800 область стабильного электроконтактного процесса сужается и при 100 % ФХ800 невозможно обеспечить стабильность процесса при данной толщине оболочки. Подобное явление объясняется высоким электросопротивлением и плохой прессуемостью и уплотняемостью феррохрома. При малых значениях электрического тока феррохром не успевает

прогреться за время импульса, поэтому не уплотняется и, следовательно, электрический ток идет только по оболочке. При увеличении силы тока некоторое уплотнение порошка приводит к тому, что электрический ток начинает протекать через порошковый материал. Вследствие большого электросопротивления ФХ800 происходит выделение избыточного тепла, расплавление порошка и выплеск. Проведенные исследования показали, что оптимальным с точки зрения обеспечения стабильности процесса максимальной износостойкости с сохранением прочностных характеристик наплавленного слоя является состав 50 % ПГ-С27 + 50 % ФХ800.

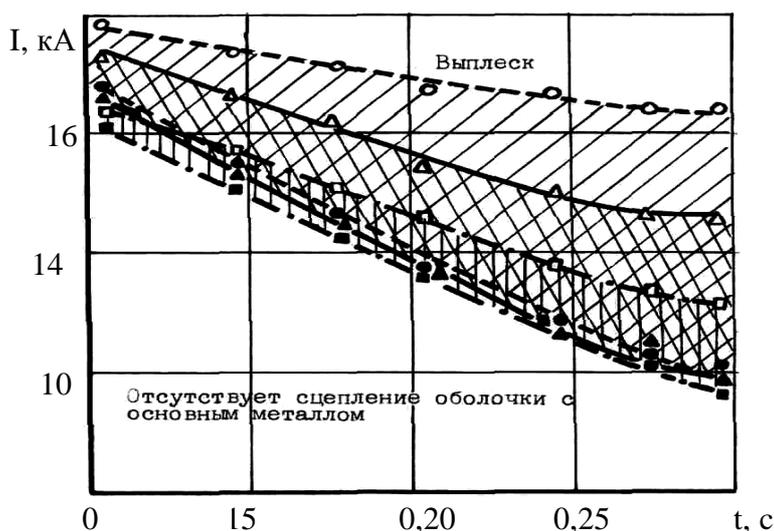


Рис. 4. Область оптимальных режимов при ЭКНПО:  
 о – Fe<sub>пор</sub> – 100 %; Δ – Fe + 25 % FeCr; — Fe + 50 % FeCr

### ВЫВОДЫ

1. Разработана экспериментально-расчетная методика определения параметров режима ЭКНПО на основе математической модели, описывающей зависимость геометрических размеров наваренного слоя от режима.
2. Полученная программа была использована при разработке технологий электроконтактной наплавки деталей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко В. М. Электроконтактная наплавка порошковых материалов в металлической оболочке / В. М. Карпенко., В. Т. Катренко, В. А. Пресняков // Автоматическая сварка. – 1989. – № 5. – С. 34–35.
2. Определение оптимальных режимов ЭКНПО ребер вальцов комбайна / В. Т. Катренко, В. А. Пресняков, А. Д. Кошевой, А. А. Кулиш // Сборник научных статей : Краматорск, ДГМА, 1996. – Выпуск 3. – С. 368–371.
3. Волков Д. А. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин электроконтактной наплавкой. Современные сварочные и родственные технологии и их роль в развитии производства : материалы международной научно-технической конференции / Д. А. Волков, В. Т. Катренко, В. А. Пресняков. – Николаев, УГМНТУ им. адмирала Макарова, 2003 – С. 90.
4. Расчет геометрических размеров контакта между присадочной проволокой и электродом при электроконтактной наплавке / Л. Н. Соколов, В. Т. Катренко, Ю. Н. Астатов, В. А. Пресняков // Сварочное производство. – 1987. – № 10. – С. 43–44.
5. Волков Д. А. Влияние физико-технологических характеристик порошковых материалов на их уплотняемость при контактной наплавке / Д. А. Волков, В. Т. Катренко, В. А. Пресняков // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету : наукові праці КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2004. – Вип. 4/2004(27). – С. 100–102.
6. Карпенко В. М. Электроконтактная наварка порошковых материалов в оболочке / В. М. Карпенко, В. Т. Катренко, В. А. Пресняков // Сборник научных статей. – Краматорск, ДГМА. – 1996. – Выпуск 3. – С. 364–367.